



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“LOMBRIFILTRO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS
RESIDUALES”**

Tesis Para Obtener El Título Profesional De Ingeniero Ambiental

AUTOR:

MAZA MEJÍA, Jhonatan Raúl

ASESOR:

Dr. MONTEZA ARBULU, Cesar Augusto

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

PERÚ 2017

PÁGINA DEL JURADO

Dr. José Ponce Ayala
Presidente

Dra. Bertha Gallo Gallo
Secretaria

Dr. Cesar A. Monteza Arbulú
Vocal

DEDICATORIA

Este humilde trabajo de investigación la dedico a:

A mi madre Dercy Mejía Bermeo por estar conmigo en las buenas y en las malas apoyándome incondicionalmente, a mi padre Raúl Maza Núñez por confiar en mi dedicación y esfuerzo, a Yarizell Díaz Pasapera por su fundamental y emotiva ayuda, a mis hermanos, a mis abuelos maternos y paternos, a todos mis tíos y primos.

Jhonatan.

AGRADECIMIENTO

Agradezco honestamente:

A Dios por darme la salud y por cuidarme, protegerme, guiarme, con su infinito amor en el camino del desarrollo de este trabajo de manera incondicional.

A mi madre por el apoyo económico, a mi padre por el esfuerzo y dedicación emotiva, a todos mis hermanos por el apoyo moral, y a mis familiares en general.

A todos mis docentes de la Universidad Cesar Vallejo por sus enseñanzas, consejos, lecciones, correcciones, experiencias y los ánimos de seguir luchando por mi sueño de ser alguien en la vida.

A Dr. José Luis Rodas Cabanillas por la asesoría académica cuando este trabajo se encontraba en la etapa de proyecto de investigación.

A Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulú por la asesoría académica en el desarrollo del presente trabajo de investigación y también por su apoyo emotivo.

A la Oficina de Control de Calidad de EPSEL S.A, dirigida por la Ing. María Graciela Olguín Cuzquen, que me permitieron realizar la determinación de algunos parámetros en su laboratorio de análisis Fisicoquímico.

A mis amistades que formaron parte de mi vida universitaria.

Autor.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo **Jhonatan Raúl Maza Mejía** estudiante de la escuela profesional de ingeniería ambiental de la facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Cesar Vallejo - Chiclayo identificado con DNI: **48456538**.

Declaro la autenticidad de este trabajo de investigación bajo juramento que:

1. Yo soy el único autor de este trabajo de investigación que tiene como título: **“LOMBRIFILTRO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES”** la misma que voy a presentar para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. Este trabajo de investigación no ha sido plagiado o copiado ni parcialmente ni en su totalidad, para lo cual se han considerado y respetado todas las citas y referencias de las normas internacionales ISO 690:2010 para las fuentes que han sido consultadas.
3. En los resultados que están siendo presentados en este trabajo de investigación son completamente reales certificados por el Laboratorio de calidad de agua de EPSEL el cual no han sido copiados, falsificados ni duplicados.

Chiclayo, Diciembre del 2017



Jhonatan Raúl Maza Mejía
DNI N° 48456538

PRESENTACIÓN

El presente trabajo se orientó en la utilización de un sistema de tratamiento ecológico denominado Lombrifiltro para mejorar la calidad de las aguas residuales que vierte la Empresa Comercializadora de Productos Hidrobiológicos Sociedad Anonimia ECOMPHISA del distrito de Santa Rosa 2017, logrando controlar los parámetros de la calidad del agua residual estudiada.

En el capítulo I, se tiene la introducción general sobre el trabajo de investigación que incluye la realidad problemática, los trabajos previos, las teorías relacionadas al tema, la formulación del problema, la justificación del estudio, la Hipótesis y el Objetivo general seguido de los objetivos específicos.

En el capítulo II, está compuesto por el método, donde se encuentra el diseño de la investigación, las variables, el cuadro de Operacionalización, la población y muestra, además las técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez del trabajo de investigación junto a la metodología, los métodos de análisis de datos.

En el capítulo III, se muestra los resultados que se obtuvieron de la investigación, y que fueron tratados con diferentes caudales de caída hidráulica del agua residual al sistema de tratamiento Lombrifiltro, también se muestran los análisis de cada uno de los parámetros analizados como es la turbidez, temperatura, SST, pH, DBO y DQO, incluyendo los gráficos y la interpretación en Excel y SPSS.

En los capítulos IV, V y VI, tenemos la discusión, las conclusiones y las recomendaciones de la investigación basado a los resultados obtenidos.

Y por último en el capítulo VII y VIII, se tiene las referencias bibliográficas y todos los anexos referentes al trabajo de investigación tales como fotos, fichas, ubicación, validación de datos, matriz de consistencia e instrumentos de datos.

ÍNDICE

Página Del Jurado	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria De Autenticidad	v
Presentación	vi
Indice.....	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Graficas	x
Índice de Anexos.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCION	14
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	17
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	18
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	22
1.3.1. CALIDAD DEL AGUA.....	22
1.4. MARCO CONCEPTUAL	28
1.4.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales	28
1.4.2. Lombrifiltro	28
1.4.3. Agua Residuales	31
1.4.4. Marco legal.....	32
1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	34
1.6. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	34
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION	34
1.8. HIPÓTESIS	35
1.9. OBJETIVOS	35
1.9.1. Objetivo general	35
1.9.2. Objetivos específicos	35
II. METODO	36
2.1. Diseño de la investigación	36
2.2. Variable	36

2.3.	Operacionalización de la variable.....	36
2.4.	Población y muestra	38
2.4.1.	Población.....	38
2.4.2.	Muestra.....	38
2.4.3.	Muestreo.....	38
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez.	38
2.5.1.1.	Técnica de campo.....	38
2.6.	Métodos para la Determinación de Parámetros.....	39
2.6.1.	Método para Determinar la turbiedad.....	39
2.6.3.	Método para Determinar el pH	39
2.6.4.	Método para Determinar la DBO5.....	40
2.6.5.	Método para Determinar la DQO	41
2.7.	Instrumentos, Materiales y equipos de recolección de datos.	41
2.7.1.	Procesamiento de los datos.....	41
2.8.	Validez	41
2.9.	Diseño del Sistema de tratamiento Lombrifiltro	42
2.9.1.	Materiales del sistema de tratamiento.....	42
2.9.2.	Materiales del Lombrifiltro.	43
III.	RESULTADOS	44
3.1.	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL.....	44
3.1.1.	Determinación de la Turbidez.....	44
3.1.3.	Determinación del pH.....	46
3.1.4.	Determinación de la DBO	47
3.1.5.	Determinación de la DQO	48
IV.	DISCUSIÓN	54
V.	CONCLUSIONES	55
	ANEXOS.....	61

Índice de Tablas

Tabla 1. Resultados de la Turbidez.-.....	44
Tabla 2. Resultados de la Temperatura.-	45
Tabla 3. Resultados del pH.-.....	46
Tabla 4. Resultados de la DBO.-.....	47
Tabla 5. Resultados de la DQO.-	48
Tabla 6. Prueba T - Student para la Turbidez.-	50
Tabla 7. Prueba T - Student para la DBO.-	50
Tabla 8. Prueba T - Student para la DQO.-.....	51

Índice de Graficas

Grafica N° 01. Turbidez.-	44
Grafica N° 02. Temperatura.-	xi
Grafica N° 03. pH.-.....	46
Grafica N° 04. DBO.-.....	47
Grafica N° 05. DQO	48
Grafica N° 06. Porcentajes de Remoción de la Turbidez.-	52
Grafica N° 07. Porcentajes de Remoción de la DBO.-.....	52
Grafica N° 08. Porcentaje de Remoción de la DQO.-.....	53

Índice de Anexos

Anexo 1.-	61
Anexo 2.-	62
Anexo 3.-	63
Anexo 4.-	64
Anexo 5.- D.S N° 003-2010-MINAM.....	65

RESUMEN

Este presente trabajo de investigación se orientó en la utilización de una tecnología ecológica para mejorar, corregir y regenerar las características de la calidad del agua residual que vierte la empresa Ecomphisa; esta tecnología es un sistema de tratamiento de tipo biológico, puesto que se utiliza una población de lombrices de la especie (*Eisenia Foetida*) y un medio poroso de grava con distintos tamaños, denominándose Lombrifiltro, el agua residual es vertida en el Dren 4000 en el distrito de Santa Rosa y fue recolectada y almacenada en un tanque de 100 Litros de capacidad, para luego ser filtrada por el sistema de tratamiento durante 12 días realizándose muestreos cada 3 días para determinar los parámetros estudiados; la ejecución del proyecto se realizó desde el 29 de septiembre hasta el 29 de diciembre del año 2017.

Para el desarrollo de la presente investigación se usó un diseño no experimental longitudinal con toma de muestras cada tres días durante el proceso de tratamiento, se utilizó una población de 100 Litros de agua residual recogida de los vertidos de la empresa Ecomphisa y fueron almacenadas en un recipiente de 100 Litros de capacidad, se realizó un muestreo simple para determinar los parámetros Fisicoquímicos de la calidad del agua, como fueron turbidez, SST, Temperatura, pH, DBO y DQO.

El sistema de tratamiento lombrifiltro mostro ser muy eficiente en la mejoría de los parámetros de la calidad del agua residual, en cuanto se refiere a la remoción de la carga contaminante presento un 94.19% de reducción de la turbidez, 87.21% de reducción de la DBO y 85.78% de reducción de la DQO, por otro lado presento un pH promedio de 7.61 siendo una referencia aceptable para vertimiento de aguas residuales, también se realizó la determinación de los SST antes y después del tratamiento, al analizarse presento una referencia de 160 mg/L reduciéndose a 63 mg/L después del tratamiento.

Palabras clave: Calidad del agua, Lombrifiltro, *Eisenia Foetida*, medio poroso, remoción, parámetros.

ABSTRACT

This present research work focused on the use of a green technology to improve, correct and regenerate the characteristics of quality of residual water that pours the company Ecomphisa; This technology is a system of treatment of biological type, since it uses a population of earthworms (*Eisenia Foetida*) species and a porous medium of gravel with different sizes, called Lombrifiltro, the residual water is poured into the drain 4000 in the District of santa rosa and was collected and stored in a tank of 100 liters, to then be strained by the treatment system during 12 days conducting sampling every 3 days to determine the parameters studied; the implementation of the project was carried out from September 29 until December 29 the year 2017.

Every three days during the treatment process was used for the development of this research a longitudinal non-experimental design with sampling, using a population of 100 liters of wastewater collected discharges of the company Ecomphisa and they were stored in a vessel of 100 liters, a simple sampling was conducted to determine the physico-chemical quality of the water parameters, such as turbidity, TSS, temperature, pH, BOD and cod.

Lombrifiltro showed treatment system be very efficient in improving the quality of wastewater parameters, insofar as it refers to the removal of the contaminant load present a 94.19% reduction of turbidity, 87.21% reduction of BOD and 85.78% d and reduction of the cod, on the other hand present an average pH of 7.61 being an acceptable reference for dumping of sewage, was also the determination of the SST before and after treatment, when tested presented a reference of 160 mg/L reduced to 63 mg/L after treatment.

Keywords: quality of water, Lombrifiltro, *Eisenia Foetida*, porous medium, removal, paramete

I. INTRODUCCION

Según la (FAO), La calidad en las fuentes de agua superficiales y subterráneos dependen de varios componentes de índole natural o antrópica. Comúnmente la calidad de un agua se mide las características físicas, químicas y biológicas de una muestra de agua para posteriormente compararlas con estándares o directrices establecidos, las normas establecidas se basan normalmente en niveles de toxicidad científicamente aceptables para los seres vivos acuáticos y los seres humanos. El deterioro de las características de la calidad de una fuente de agua se ha transformado en motivo de inquietud a nivel global, con el aumento de las masas poblacionales, la expansión de las actividades industriales, agrícolas y el aumento del cambio climático como principales causas de los cambios del ciclo hidrobiológico. Los altos niveles de nutrientes de los vertimientos industriales, agrícolas y domésticos a las fuentes de agua, han conllevado a aparecer un gran problema en la calidad del agua, que es el fenómeno de la Eutrofización, que altera la vida acuática haciendo aparecer una serie de microorganismos y plaga de plantas acuáticas, los cuales opacan la entrada de la luz solar y la visibilidad de las fuentes de agua.

El agua como recurso natural es más que un solvente y está formada de componentes físicos, químicos y biológicos; es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos suspendidos o disueltos. En el agua residual la concentración de uno o más de estos componentes, se encuentra alterada por efectos antrópicos directos o indirectos, deteriorando la calidad de aguas que pudiesen ser para consumo humano, uso agrícola, industrial u otro. (Arboleda, 2000).

La mayor parte de la materia orgánica encontrada en las aguas residuales consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos. Las aguas residuales domésticas (aguas negras y grises), están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9% y apenas un 0,1% de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y disposición para su reutilización. (Borja, 2011). El uso de aguas residuales para la producción agrícola

puede incrementar el contenido de materia orgánica y de nutrientes en los suelos cultivados, lo cual contribuye a mantener o mejorar la fertilidad del suelo, pero también puede causar efectos nocivos que deterioran su calidad. Raber y Kogel Knabner (1995).

Según el (ANA) la Autoridad Nacional del Agua, menciona que la calidad del agua en el Perú se encuentra muy grave en algunas regiones del país, pues constituye un obstáculo para conseguir un uso adecuado del recurso. La falta de tratamientos de las aguas que han sido utilizadas, la contaminación por parte de empresas industriales, el uso progresivo de productos químicos en la agricultura, son las principales causas de la alteración de la calidad de las fuentes hídricas. Las aguas residuales en el Perú esta deficientemente tratadas, tanto por ausencias de sistemas como por deficiencias de ellos. Contaminan las aguas al aumentar las concentraciones de nutrientes, materia orgánica y microorganismos que limitan los posibles usos de estas aguas.

La polución de las aguas compone un problema ambiental, creado como consecuencia de las descargas directas o parcialmente tratadas de efluentes residuales, producto de la actividad industrial y el crecimiento poblacional (Salgado et al. 2012). Estos, al mezclarse con masas de agua, los receptores forjan un acrecentamiento en las concentraciones de materia orgánica, nutrimentos, elementos tóxicos y microorganismos no deseables. (Luna & Ramírez, 2004).

Los biofiltros dinámicos aerobios de flujo vertical basados en el uso de lombrices, como *Eisenia foetida*, tienen alta eficiencia en la remoción de materia orgánica y organismos patógenos, por sus características físicas o estructurales (Ramón et al. 2015). Se diseñan con funcionamiento intermitente, por lo que operan con cargas superiores que los horizontales. La aplicación intermitente del agua residual y el drenaje vertical en el lecho permiten que las reacciones aeróbicas se produzcan con rapidez, permitiendo una mayor oxigenación del líquido (Pérez et al. 2015).

El sistema de vermifiltración o limbrifiltración es una alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales en el cual se obtienen remociones de DQO entre 80 y 90%, de sólidos suspendidos totales entre 90 a 95% por medio del consorcio lombriz-microorganismos. La vermifiltración se efectúa con los siguientes procesos: filtración, adsorción, reacciones aerobias y anaerobias

específicas como la nitrificación, desnitrificación y amonificación. (Sinha et al., 2008).

Actualmente existen en el mundo sistemas de tratamiento que han sido utilizados por mucho tiempo, denominados sistemas convencionales, donde sus características, ventajas y desventajas son muy conocidas, fruto de muchos años de estudio y seguimiento. Sin embargo las plantas de tratamiento convencionales son muy caras de construir, tienen altos costos de operación (especialmente eléctrica) y mantenimiento, requieren de personal calificado y generan subproductos indeseables (lodos) (Robinson et al., 2001).

Las aguas residuales tratadas constituyen un recurso cuantioso en las zonas con alta densidad poblacional y en las que se muestran problemas de déficit de este elemento. En diferentes países del mundo, se aprecia la calidad de las aguas residuales para su posterior uso en riego en las parcelas o en cultivos hidropónicos, empleando los mismos técnicas que se utilizan para las aguas superficiales o subterráneas en los parámetros de: concentración de sales, existencia de elementos potencialmente fitotóxicos (sodio, cloro y boro), existencia de microorganismos patógenos y la presencia de metales pesados, nutrientes y otros compuestos orgánicos. (Frank, Z. 2009).

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Empresa Comercializadora de Productos Hidrobiológicos Sociedad Anónima ECOMPHISA está ubicada en el Distrito Santa Rosa de Chiclayo, una empresa que a diario vierte sus aguas residuales al dren 4000 sin previo tratamiento, por lo tanto en la actualidad la empresa no cumple con los Límites Máximos Permisibles, estándares de cumplimiento obligatorio vigentes en la Normatividad Peruana. Sus aguas residuales causan olores fétidos, proliferación de vectores siendo consecuencia de enfermedades para las personas que residen cerca al Dren 4000 y contaminación orgánica que a la larga causan el fenómeno de eutrofización. Según IMARPE (Instituto del Mar Peruano) sede Lambayeque, señala que el Dren 4000 muestra un alto grado de polución por los consecuentes vertidos de aguas residuales industriales, agrícolas y domesticas; Ecomphisa es una de las empresas que más influye en la contaminación del mencionado dren. Sin embargo existen acotaciones técnicas de que estas aguas residuales al llegar al océano tienden a diluirse a causa de las corrientes marinas, las cuales se mezclan y se reduce la contaminación orgánica y también la contaminación biológica, pero hay que dejar en claro que la Normatividad Peruana no debería ser ignorada sino cumplida.

En tal sentido esta investigación estuvo enmarcado en mejorar las características de la calidad del agua residual que vierte la empresa Ecomphisa a través de la acción del sistema de tratamiento biológico denominado Lombrifiltro, que estuvo elaborado con lechos de grava, arena, aserrín y lombrices de tierra roja californiana (*Esenia foetida*). Este sistema de tratamiento es económicamente factible debió a que se emplea materia prima natural con un costo mínimo. Las teorías menciona que este sistema de tratamiento es muy eficiente en la remoción de contaminantes orgánicos.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Nivel Internacional

- **MANRIQUE, Erika.; PIÑEROS, Jennifer. (2016).** Bogotá D.C, Colombia. De la Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías, realizaron una investigación acerca de la factibilidad del uso del Lombrifiltro como sistema de purificación biológica, para mejorar las características de las aguas residuales de la industria de lácteos, las cuales en su comparación con los estándares normativos de Colombia permanecían fuera de los datos máximos permisibles.

La investigación fue de tipo experimental, realizando la comparación del Lombrifiltro que contenía lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) y un Geofiltro sin lombrices, tuvo como población 150 Litros de las aguas residuales que generaba la Industria de Lácteos Pasco, se analizaron los siguientes parámetros; DBO, DQO.

La investigación en el indicador DQO obtuvo una reducción del 79,55% mientras que en el Geofiltro (filtro sin lombrices) obtuvo una reducción del 55,18%, en la DBO se obtuvo una reducción del 76,22% mientras que el Geofiltro obtuvo una reducción del 60,33%.

- **CORONEL, Nancy. (2015).** Riobamba, Ecuador. Implemento un sistema para el tratar las aguas residuales domésticas procedentes del pueblo de Langos La Nube. El Lombrifiltro estuvo conformado por un tambor homogeneizador, un sistema de impulsión, un sistema de aspersión, un tanque de biofiltración, una trampa de lombrices y un tanque de almacenamiento y desinfección del agua tratada. El tanque de biofiltración se relleno por capas de piedra bola y grava en un 30%, aserrín viruta y humus en un 70% para la introducción del estrato humus se realizó la adaptación de *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) al agua residual doméstica en el período de siete días y la capacidad de filtración es de 12 litros por día, se realizaron tres tratamientos en el período de tres semanas obteniéndose una mayor eficiencia en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en el tratamiento de la

semana 1 sin embargo el tratamiento 3 es el que mayor estabilidad presentó, aplicó un tiempo de retención hidráulico de 12 horas y los parámetros de control utilizados mediante análisis antes y después del tratamiento fueron pH, conductividad, turbiedad, amonios, DBO5, Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos y Sólidos Disueltos Totales (TDS) en la biorremediación del agua residual se consiguió porcentajes de remoción en los parámetros de turbiedad 77.69%, amonios 68.24%, DQO 51.69%, DBO5 84.38%, nitratos 80.00%, fosfatos 73.47% y TDS 22.96%, se obtuvo un incremento de pH de 0.06 Und y una reducción en la conductividad de 480 μ Siems/cm.

- **VELASCO, Verónica. (2015).** El presente autor redacta que en Quito Ecuador en las zonas urbanas solo el 7% de los líquidos residuales reciben un tipo de tratamiento, ya que generalmente son vertidas a sistemas de alcantarillado o conducidas a cursos de aguas provocando un alto índice de contaminación en las cuencas hidrográficas de la ciudad de Quito afectándose así la calidad del agua. Por tal razón el autor de esta investigación elaboro un sistema de tratamiento de tres Lombrifiltros para reducir y remover los contaminantes presentes en el agua y mejorar la calidad de las aguas residuales en los sistemas de alcantarillado de la población.

El diseño de la investigación fue experimental y lo que utilizo para la prueba fue completamente aleatorio que empleo para comparar dos o más tratamientos, debido a que considera 2 fuentes de variabilidad: el error aleatorio y los tratamientos. A través de ese diseño el autor evaluó la variable de interés (mejorar la calidad del agua residual). La técnica para minimizar la contaminación de las aguas residuales en los cuerpos de agua como cuencas de río fue la utilización de tres Lombrifiltros que conformaron grava, arena, biopelículas, capa filtrante, fibra de coco, cascara de arroz triturado y lombrices roja californiana *Eisenia foetida*.

En cuanto a los resultados de esta investigación se obtuvo una remoción del 97.7% de turbidez, 59.7% de conductividad eléctrica, 81.4% de

solidos totales, 94.5% de la DBO₅, 94.1% de la DQO, 74.5 % de nitrógeno total y 50.6% de fosforo total. Para la remoción de contaminantes del agua residual de concentración media fue una remoción de 98.3% de turbidez, 32.6% conductividad eléctrica, 66.2% de solidos totales, 97.6% de DBO₅, 96.6% de DQO, 74.2% de nitrógeno total y 85.2% de fosforo total. El autor concluye que los Lombrifiltros son un sistema biológico alternativo de tratamiento de las aguas residuales, debido a que en la mayoría de los contaminantes de las agua residuales existió una remoción alta.

Nivel Local

- **FERNANDEZ, Edinson; SANCHEZ, Katherine, (2015).** El principal problema de los autores se concierne en el afloramiento de las aguas residuales de la zona industrial vertidas al río Chira, todo ello concurre debido a que no existe un plan de ordenamiento territorial por parte de las empresas que laboran cerca al río Chira, también no hay propuestas de un plan ambiental por parte de las autoridades locales, que todas las empresas instalen sus propios sistemas de tratamiento para reducir o mejorar la calidad de sus vertimientos. El valle del río Chira se ubica una de las actividades productoras más importantes de la región y del país, como es la siembra y producción del banano orgánico. Esta actividad, genera impactos ambientales debido a la presencia y acopio de residuos orgánicos, pero también se genera gran cantidad de agua que es utilizada en la etapa de lavado del banano, y esa agua regresa a los campos de cultivo, drenes, canales de riego, etc. sin previo tratamiento alguno. Aun se conoce que ninguna empresa dedicada a esta actividad ha propuesto un programa para tratar sus aguas residuales.

El tipo de investigación fue Descriptiva y Evaluativa, porque se describió, interpretó y se analizaron los resultados logrados al aplicar dos medios filtrantes a base de mesocarpio de coco y una cama de Lombrices roja californiana, todo ello denominado Lombrifiltro. Para demostrar y probar la hipótesis utilizaron el enfoque cuantitativo debido a que fue necesaria la recaudación de los datos, el cálculo numérico y el análisis para calcular

la DBO, SST, E.Coli, pH, Coliformes Totales y termotolerantes. Se manejó un diseño experimental para calcular el efecto del medio poroso en el cual las variables que se controlaron, para después determinar las consecuencias de la manipulación acerca de las variables dependientes. La población que tuvieron fueron las aguas residuales de la empaquetadora de Banano Algarrobo 1 de Sullana y la muestra fue de 16 m³ aguas residuales de la Empaquetadora.

La DBO de la entrada a los filtros: 237.60 mg/L, en la salida del Filtro uno: 49.50 mg/L y del filtro dos: 79.20 mg/L; con porcentaje de remoción de 79.17% y 66.67% consecuentemente. El pH en la entrada de los filtros: 6.8, en la salida del filtro uno: 6.5 y del filtro dos 6.3; con variación de 0.3% y 0.5% consecuentemente. Los SST en la entrada de los filtros: 0.8 ml/L, en la salida del filtro uno: 10.0 ml/L y del filtro dos: 12.0 ml/L; con un porcentaje de remoción de 25% y 50% consecuentemente. Los Coliformes Totales y Termotolerantes en la entrada de los filtros: 3500 NMP/100ml, en la salida del filtro uno: 5400 NMP/100ml y del filtro dos: 2400 NMP/100ml; con un porcentaje de remoción de 54.29% y 31.43 % consecuentemente. E.Coli en la entrada de los filtros: 14 NMP/100ml, en la salida del filtro uno: 20 NMP/100ml y del filtro dos: 20 NMP/100ml; con porcentaje de remoción de 42.86% para ambos filtros.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. CALIDAD DEL AGUA

Según **SIERRA, Carlos. 2011**. La calidad del agua se precisa en serie de factores físicos, químicos y biológicos de elementos inorgánicos y orgánicos. La descripción general de la calidad del agua debe realizarse esencialmente en la medición de indicadores físicos, químicos y los cálculos de estas se ejecutan en el campo de laboratorio y se generan varios tipos de datos que después es necesario explicar.

Para medir que tan contaminada está una masa de agua, es necesario realizar la determinación de indicadores. Los indicadores o parámetros de la calidad de un agua, están catalogados como factores físicos, químicos y biológicos. Como se puede percibir, hay una gran cantidad de parámetros y varios métodos para determinarlas, es por ello que en la presente investigación se acogerá a algunos parámetros que el autor propone y redacta para ser analizados y cerciorarse de la calidad que presenta un cuerpo de agua.

1.3.1.1. Parámetros físicos del agua

Catalogados como parámetros físicos aquellos elementos o sustancias que tienen acercamiento directo acerca de las condiciones estéticas del agua.

- **Turbidez**

Se conoce por turbidez a la capacidad que tienen los elementos suspendidos en el agua para dificultar el paso de la luz. La turbidez es producida por una gran diversidad de fuentes, entre ellas las más importantes son, la erosión natural de las cuencas hidrográficas, la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos, la contaminación producida por la industria o por los residuos de procedencia doméstica.

La unidad más aprovechada normalmente para revelar la turbiedad es la UNT. En la actualidad este parámetro se mide con un instrumento nombrado turbidímetro apoyado en principios nefelométricos.

- **Sólidos suspendidos totales**

Son micropartículas sólidas suspendidas o disueltas en fuentes de aguas residuales. Los sólidos totales es la denominación que se nombra a los fragmentos de material e insignificancias que quedan en un recipiente posteriormente de la volatilización de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura establecida. La mayor parte de los contaminantes de aguas son sólidos, disueltos o suspendidos.

Los sólidos consiguen perturbar negativamente a las características de la condición de un cuerpo de agua. Las fuentes de aguas con abundantes sólidos disueltos, son de menor pureza y pueden provocar una reacción perjudicial en el consumidor. Por tal razones en las aguas potables es preferible un confín de 500 mg/L de partículas sólidas disueltos. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales, y para evaluar si las condiciones cumplen con la regulación de su vertido.

1.3.1.2. Parámetros químicos del agua

Los parámetros químicos del agua se dividen en dos clases: Indicadores y sustancias químicas que también son parámetros o indicadores dentro de un cuerpo de agua.

- **pH**

Es la expresión utilizada para indicar la intensidad de las situaciones ácidas o básicas de un cuerpo o muestra de agua. Por convención está determinado como: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. Se sabe que por análisis químico el pH siempre se encontrara en una escala de 0 a 14.

- **DBO**

Es el indicador constantemente acogido para determinar la cantidad presente de materia orgánica en una muestra de agua. La DBO se calcula determinando el total de oxígeno que necesitan los microorganismo para consumir los elementos orgánicos. La prueba de la DBO más reconocida es la DBO a los 5 días y se expresa como DBO₅. El análisis se realiza incubando la muestra de agua y al cabo de cinco días se mide la cantidad de oxígeno consumida por parte de los microorganismos, y los resultados se obtienen en mg/L de oxígeno.

- **DQO**

La DQO es una prueba utilizada para calcular la cantidad presente de materia orgánica de una muestra de agua. A diferencia de la DBO, en esta prueba la materia orgánica es oxidada aplicando una sustancia química y no microorganismos.

El dicromato de potasio es un agente oxidante para la determinación de la DQO. Este compuesto es capaz de oxidar la gran mayor parte de sustancias orgánicas presentes en una muestra de agua, además, es fácil de obtener su concentración antes y después del análisis, donde se puede calcular el oxígeno consumido. La DQO requiere de poco tiempo para realizar la prueba en 3 horas mientras que un análisis de DBO tarda unos 5 días.

Según **ROMERO, Jairo. 2004**. La calidad de un agua es la propiedad general para saber si un agua es apta para consumo humano o para determinar la contaminación que presenta. Las aguas residuales están alterada por distintos compuestos orgánicos e inorgánicos en macropartículas, procedentes de las diversas actividades antrópicas como las actividades industriales, actividades agrícolas, actividades domésticas, etc. las actividades mencionadas son los principales alteradores de la calidad de un ambiente acuático. Por tal razón se

requiere analizar las siguientes características físicas químicas y biológicas de las aguas.

Características físicas del agua

❖ Turbidez

Constituye la medida óptica las partículas suspendidas en el agua. Las aguas residuales crudas son turbias; en aguas residuales tratadas puede ser un elemento importante de control de calidad.

❖ Sólidos Suspendidos Totales

Indicador fisicoquímico que dice la cantidad de sólidos retenidos durante la filtración de un volumen de agua. Los sólidos encontrados en el agua son de índole orgánico e inorgánico . Por ejemplo, los sólidos orgánicos tenemos a las fibras de plantas, bacterias y entre otros. Mientras los sólidos inorgánicos son la arena, arcilla y sales. La naturaleza de estos sólidos es coloidal y a su vez presenta carga eléctrica, por estas razones no sedimenta fácilmente. La propiedad que les mantiene en suspensión es la repulsión electrocinética acompañada con movimientos constantes y caóticos conocido como Movimiento browniano.

Características químicas del agua

❖ pH

Es la medida de la provisión del ion hidrogeno presente en un cuerpo de agua, se indica como logaritmo negativo de la capacidad molar del ion hidrogeno . El valor del pH en el agua aceptable para diferentes métodos de tratamiento y para la presencia de la mayoría de vida biológica puede ser muy condicional y crítico, pero habitualmente es de 6,50 a 8,50. Para descargas de vertimientos de un tratamiento secundario se contrasta en un pH de 6,0 a 9,0.

❖ DBO

Es el total de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar o estabilizar los materiales orgánicos biodegradables en una agua residual en condiciones aerobias . Se cuantifica a 20 °C a condiciones normales del laboratorio, el ensayo modelo se realiza a los cinco días de incubación y se conoce comúnmente como DBO5, con cifras numéricas expresadas en mg/L de O₂. La DBO es el parámetro más utilizado para analizar la calidad que presenta una fuente de agua, ya sea de tipo residual, superficial, subterráneo, etc. también para determinar lo que se necesita de oxígeno para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras.

❖ DQO

La DQO es un indicador para calcular el oxígeno semejante a la materia orgánica oxidable utilizando un elemento químico oxidante fuerte, generalmente se utiliza Dicromato de Potasio, en un medio ácido y con una temperatura alta. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata.

La DQO es útil parámetro de medición de la concentración orgánica que se posee en aguas residuales municipales o industriales tóxicas a la vida biológica y se puede efectuar en unas tres horas. El comentario interpretativo de los resultados de la Demanda de oxígeno para la oxidación de la materia orgánica, mediante la DBO o DQO, es incierta a sus factores y variables que perturban dichas pruebas. En general se espera que la DQO sea esencialmente igual a la DBO última; pero, fundamentalmente en aguas residuales industriales, existen elementos que hacen que dicha versión no se cumpla.

(ROMERO, A. 2005) señala que en el mundo la utilización del agua es para consumo es decir agua potable, sin embargo existen diferentes actividades que deben cumplir con los estándares de calidad y que deben contar con tratamiento de agua.

En todos los países se normaliza la Calidad Del Agua destina para agua potable, implantando y cumpliendo con la normatividad de calidad de H₂O. Las exigencias en cuanto a calidad de agua potable se observa el gran avance en cuanto a los parámetros máximos permisibles que son reguladas por las entidades competentes. Recurriendo a las nuevas alternativas de tratamientos para alcanzar los estándares de calidad.

El autor menciona las siguientes dimensiones y sus indicadores:

a) Parámetros físicos

- Turbiedad
- Color
- Olor y sabor
- Temperatura.
- Sólidos: se dividen en
 1. Sólidos totales
 2. Sólidos disueltos
 3. Sólidos suspendidos
- Conductividad

b) Parámetros químicos

- Alcalinidad
- Dureza
- Cloruros
- DBO
- DQO

1.4. MARCO CONCEPTUAL

1.4.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales

Un sistema de tratamiento de agua residual también es conocido como proceso de depuración, es un sistema utilizado para remover contaminantes presente en el agua, eventualmente el agua se descontamina a través de medios naturales pero demora su procesos de remoción, por eso que es que un sistema de tratamiento de aguas residuales hace que se acelere su descontaminación y así poder reutilizar el agua en otras actividades diversas como la agricultura, la industria y la recreación. **ROMERO, Jairo. (2004).**

1.4.1.1. Tratamiento aerobio

En el tratamiento aerobio la biomasa transforma los compuestos orgánicos de las aguas residuales en dióxidos de carbono provocando una nueva biomasa. Son sistemas independientes para tratar las aguas residuales, o para proporcionar una purificación del agua residual pre tratada, de forma anaeróbica, obteniendo un mayor remoción de la demanda biológica de oxígeno DBO, los sólidos suspendidos totales SST.

1.4.2. Lombrifiltro

Lombrifiltro es un sistema biológico para el tratamiento de aguas residuales aeróbicamente, que combina el tratamiento de agua residual con la degradación de la contaminación retenida durante el proceso de depuración, gracias a la acción de una población de lombrices de tierra, generando los contaminantes del agua residual en humus de lombriz, subproducto que puede ser utilizado como abono orgánico en terrenos agrícolas, jardines, parques, etc.

Es un filtro percolador en el cual se hace pasar el agua a tratar. Los medios porosos que los componen, retienen los elementos contaminantes que posee el agua residual, haciendo que las lombrices y los microorganismos realicen la oxidación de los materiales orgánicos, y dejando pasar solo el agua tratada.

La lombriz vive de manera autosuficiente en cautiverio un promedio de cinco años dependiendo de las características climáticas, es una especie rustica que no soporta la luz solar directa.

Las lombrices se autorregulan dependiendo de las cantidades de alimento que se le aplique. Comen cualquier tipo de sustrato orgánico, cada día consume lo equivalente a su peso, equiparando un 20% para su propio mantenimiento y el 80% lo expulsa en humus; este organismo no genera ningún tipo de enfermedades. Los microorganismos patógenos como los hongos, protozoos y bacterias; forman parte de su sustentación alimenticia, son microorganismos que al tragárselos, los destruye en su tracto intestinal, transformándolos en componentes orgánicos de sus fecas. (ROMERO, Jairo. 2004).

Esta tecnología se identifica por su simplicidad de tratamiento y su autonomía de tratamientos previos, así como la no necesidad de adicionar nutrientes, coagulantes, floculantes u otro aditivo. Solo necesita que el agua residual tenga características tales que permita la vida de organismos vivos, como es el pH no menor de 4,5 y no mayor de 8. (KUMAR, Tarun)

El lombrifiltro es considerado el único sistema de tratamiento de riles y aguas servidas que proporciona un ingreso monetario, esto por la generación de lombrices, humus y agua, los que tienen un valor económico en el mercado. (Fundación Chile. 2013).

Eficiencia de Remoción

“Coliformes Fecales”	98%
“DBO ₅ ”	96%
“Sólidos Suspendidos Totales”	94%
“Sólidos Suspendidos Volátiles”	92%
“Nitrógeno Total”	85%
“Aceites y Grasas”	85%
“Fósforo Total”	65%

Fuente: (Fundación Chile. 2013).

CONDICIONES OPERATIVAS	
“Pre Tratamiento”	No requiere
“Consumo de Reactivos”	No Requiere
“Tipo de Operación”	16 Horas/día
“Selectividad”	No es selectivo

Fuente: (Fundación Chile. 2013).

PARAMETROS DE OPERACIÓN	
“Vida Útil”	20 años
“Tipo de Tratamiento”	Biológico Pasivo
“Caudal de Operación”	Hasta 50 L/día/ m ² reactor
“Temperatura”	15 – 20 °C

Fuente: (Fundación Chile. 2013).

1.4.2.1. Materia prima del Lombrifiltro

❖ Lombrices de Tierra (*Eisenia Foetida*).

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) degradan la materia orgánica de los afluentes residuales a través de su dieta alimenticia diaria, ocasionando la transformación de estos por oxidación en anhídrido carbónico y agua, en investigaciones previas, concluyeron que la especie de lombriz *Eisenia foetida* es la más adecuada para la depuración de aguas residuales debido a que genera mayor reducción de DQO de 86.53% y DBO de 87.16% y otros parámetros comparado con lombrices de especie *Peryonix excavatus* y *Peruonix sansibaricus*. (Hernández, 2005).

❖ Medio Poroso o Medio Filtrante

El medio poroso utilizado en procesos de filtración de agua residual es esencialmente para la remoción de sólidos o microsólidos que posee un agua residual, las propiedades del medio poroso hacen que las micropartículas sólidas del agua residual sean retenidas en sus poros, realizando la minimización de sólidos suspendidos totales. (ROMERO, Jairo. 2004).

1.4.3. Agua Residuales

(Merli & Ricciuti, 2009). Mencionan que las aguas residuales están concentradas por sustancias orgánicas e inorgánicas, los degradadores de materia orgánica presente en el agua residual son los microorganismos y según los orígenes las aguas residuales pueden ser clasificadas en:

Aguas Domésticas: las aguas domésticas son las aguas provenientes de actividades higiénicas (baños, cocinas, lavanderías, etc.), estas aguas son descargadas en las redes de alcantarillado, las aguas residuales domésticas también incorporan residuos producidos en locales comerciales, establecimientos públicos y similares. (Merli & Ricciuti, 2009).

Agua Industrial: las aguas residuales industriales son los líquidos producidos en las diferentes actividades y procesos industriales, su composición va a depender del tipo de actividad industrial y de los procesos involucrados en cada industria. (Merli & Ricciuti, 2009)

Agua de Infiltración y caudales adicionales: las aguas de infiltración se introducen en la red de alcantarillado de forma directa o indirecta a la red de alcantarillado mediante las uniones en mal estado de las tuberías, tapas de revisión, alcantarillado pluvial, tuberías de limpieza entre otros. (Merli & Ricciuti, 2009)

Aguas Pluviales: resultan del agua de lluvia una fracción de esta agua se drena y también se produce escorrentía en la superficie con esta acción es arrastrada: arena, tierra, hojas basura que pueda encontrarse sobre el suelo. (Merli & Ricciuti, 2009)

OEFA, (2014). Menciona que son aguas que han sido utilizadas en actividades antrópicas y que cuyas características únicas ha sido alteradas, de acuerdo a la presentación de su mala calidad, pues necesitan de algún tipo de tratamiento, antes de reutilizarse, verter a un cuerpo natural de agua o desembocarlas a los sistemas de alcantarillado.

1.4.3.1. Agua Residual Domestica

Son aquellas de índoles urbanas y comerciales que contienen residuos fisiológicos, que provienen de la actividad humana, y deben ser arrojadas o desechadas de manera adecuada.

1.4.3.2. Agua Residual Industrial

Son aquellas que del resultado de la actividad de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de las actividades mineras, agrícolas, energética, agroindustriales, etc.

1.4.3.3. Agua residual municipal

Son aquellas aguas de la actividad domestica que están mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para proceder a ser admitidas en los sistemas de saneamiento de tipo combinado.

1.4.4. Marco legal

La normatividad ambiental en el Perú está surgiendo cada vez más, poniéndose más estrictas en cuanto a leyes que respaldan el cuidado de los recursos naturales de manera sostenible. A continuación se detalla algunas leyes importantes, referenciadas al cuidado del recurso hídrico.

❖ Constitución Política del Perú [1993]

Rige el aprovechamiento de los recursos naturales renovables y no renovables de forma sostenible, y es por eso que se debe cumplir con la política nacional del ambiente. Por último se debe

conservar las áreas naturales y la biodiversidad para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. (Art. 66, 67, 68).

❖ **Ley General del Ambiente [Ley N° 28611]**

Menciona que el límite máximo permisible o llamado “LMP” se precisa como la concentración de sustancias de un efluente o emisión que al pasar el límite máximo especificado, es riesgoso para la salud humana y el medio ambiente. (Art. 32).

❖ **Ley General de Aguas [Ley N° 17752]**

Indica la calidad del recurso hídrico para las aguas de abastecimiento domestico con tratamiento; aguas para riego de vegetales; aguas para zonas recreativas, pesca recreativa o comercial, y de preservación de la fauna acuática. (Decreto Supremo N° 17752).

❖ **Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (Decreto Legislativo N° 613).**

Este decreto prohíbe las descargas de aguas residuales con alta carga de contaminantes que perturbe negativamente la calidad de otras fuentes de agua limpias o al Ambiente. (Capítulo IV, art. 14).

❖ **MINAM (Decreto N° 003-2010):**

Decreto que aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales. (Art. 1)

1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué sistema de tratamiento mejorara la calidad de las aguas residuales del terminal pesquero Ecomphisa del Distrito Santa Rosa - 2017?

1.6. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La falta de aplicación de tratamientos para la depuración de aguas residuales ha constituido un mayor control en cuanto a su disposición final hacia el ambiente. Para ello es importante la implementación de tecnologías que tengan un costo económicamente bajo y que no requieran de mayor complejidad en cuanto a su operación y mantenimiento con el fin de mejorar la calidad de las aguas residuales, sin que se generen perjuicios ecológicos.

En la actualidad los tratamientos biológicos son los que se están aplicando principalmente, ya que se han obtenido altos rendimientos con costos bajos en cuanto a implementación, operación y mantenimiento, estos tratamientos se caracterizan por la destrucción de los contaminantes transformándolos en sustancias inofensivas. En cuanto a costos de inversión los tratamientos biológicos disminuyen de los tratamientos convencionales de 5 a 20 veces.

1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

La construcción y el diseño del sistema de tratamiento Lombrifiltro se realizó en una escala pequeña por las condiciones bajas de dinero y falta de espacio de ubicación para el Lombrifiltro.

La determinación de los parámetros DBO y DQO del agua residual que vierte la empresa Ecomphisa, no se pudo realizar en los laboratorios de la Universidad Cesar Vallejo debido a que no se contó con los equipos y reactivos necesarios, en efecto a ello se recurrió al laboratorio de calidad de agua de la empresa EPSEL – Chiclayo.

La distancia para la recolección y almacenamiento del agua residual que vierte la empresa Ecomphisa al sistema de tratamiento Lombrifiltro, ya que el Lombrifiltro estuvo construido en mi domicilio que se ubica en el Distrito de José Leonardo Ortiz.

1.8. HIPÓTESIS

Si se aplica el sistema de tratamiento Lombrifiltro, mejorará la calidad del Agua Residual de Ecomphisa Santa Rosa – 2017.

1.9. OBJETIVOS

1.9.1. Objetivo general

- Evaluar como el sistema de tratamiento Lombrifiltro mejora la calidad del Agua Residual de Ecomphisa Santa Rosa - 2017.

1.9.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales antes del tratamiento en el Lombrifiltro.
- Determinar el nivel de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales después del tratamiento en el Lombrifiltro.
- Determinar la eficiencia del Lombrifiltro en el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales.
- Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua residual tratada con los Límites Máximos Permisibles que rige la legislación peruana para vertimiento de efluentes.

II. METODO

2.1. Diseño de la investigación

No experimental longitudinal, con prueba de hipótesis de promedios.

2.2. Variable

Variable: Calidad del Agua Residual

2.3. Operacionalización de la variable

A continuación en la siguiente página se muestra el cuadro de Operacionalización de la variable.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	RANGO
Calidad del agua (Residual).	La calidad del agua se precisa en serie de factores físicos, químicos y biológicos de elementos inorgánicos y orgánicos. La descripción general de la calidad del agua debe realizarse esencialmente en la medición de indicadores físicos, químicos y los cálculos de estas se ejecutan en el campo de laboratorio y se generan varios tipos de datos que después es necesario explicar.	Para medir la variable calidad del agua se determinaran los parámetros físicos y químicos extrayendo muestras del agua residual a tratar antes del tratamiento en el sistema y después del tratamiento en el sistema, en el laboratorio con los respectivos instrumentos y métodos de medición y determinación.	- Parámetros físicos del agua	- Turbidez - Solidos Suspendidos Totales - Temperatura	< = 5 UNT < = 150 mL/L < 35 °C
			- Parámetros químicos del agua.	- pH - DBO - DQO	< 6,5 a 8,5 > < = 100 mg/L < = 200 mg/L

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

La presente investigación tiene como población 100 Litros de agua residual que genera la empresa Ecomphisa, que fueron almacenados en un depósito que sirvió como tanque de alimentación al sistema de tratamiento Lombrifiltro, los cuales fueron tratados durante 12 días, tomándose muestras de 3L.

2.4.2. Muestra

1 muestra de 3L de agua residual sin tratar

4 muestras de 3L de agua residual tratada

Las muestras fueron de 3L, porque se derivaron de la siguiente manera: 1L fue para determinar la DBO y DQO, 1L para determinar el pH, la turbidez, temperatura y el otro 1L para determinar los SST.

2.4.3. Muestreo

Muestreo no probabilístico.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez.

2.5.1. Técnica de recolección de Datos.

2.5.1.1. Técnica de campo

El agua residual de Ecomphisa procedió a ser recolectada y almacenada en un tanque de 100 Litros, el cual sirvió como tanque de alimentación al sistema de tratamiento Lombrifiltro, llevándose asimismo un registro del lugar, hora, día y fecha del proceso de almacenamiento del agua residual para tratarse.

2.5.1.2. Técnica de muestreo

Se realizó mediante la muestra simple debido a que se toma en un sitio determinado, se utilizó para determinar la Turbidez, SST, pH, DBO y la DQO. Se tomaron 5 muestras, 1 muestra antes del tratamiento y 4 muestras después de haber sido tratada cada tres días con diferente caudal, las muestras fueron de 3 L, y se trasladaron al laboratorio de calidad de agua de la empresa prestadora de servicios EPSEL y también al laboratorio de física y química de la Universidad Cesar Vallejo.

2.6. Métodos para la Determinación de Parámetros

Los métodos fueron únicamente para determinar los niveles de los contaminantes fisicoquímicos o estado de los parámetros.

2.6.1. Método para Determinar la turbiedad

La turbidez se determina en Unidades Nefelométricas de turbidez, o Nephelometric Turbidity Unit (NTU). El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

2.6.2. Métodos para determinar los sólidos suspendidos totales.

❖ Método gravimétrico

Determina los diferentes tipos de materiales sólidos que constituyen el valor absoluto de los sólidos totales. Analiza la importancia de la naturaleza de los diferentes tipos de materiales sólidos que le confieren una calidad a las aguas residuales.

2.6.3. Método para Determinar el pH

Para medir el pH de una disolución podemos emplear dos métodos, en función de la precisión con que queramos hacer la medida: Para

realizar medidas del pH que no necesiten ser muy precisas se utilizan unas sustancias llamadas indicadores, que varían reversiblemente de color en función del pH del medio en que están disueltas. Se pueden añadir directamente a la disolución o utilizarlas en forma de tiras de papel indicador. Para realizar medidas exactas se utiliza un pH-metro, que mide el pH por un método potenciométrico. La presente investigación se basó en medir el pH con el pH-metro que cuanta el laboratorio de la universidad cesar vallejo.

2.6.4. Método para Determinar la DBO₅

- Método de Winkler

Consiste en determinar la cantidad de oxígeno disuelto en mg/L a través de una valoración química.

Se colocó a la muestra de agua que se analizó una solución de sulfato de manganeso. Después de tratarla con hidróxido sódico y yoduro potásico, el manganeso reacciona con el oxígeno y forma un compuesto estable de manganeso y oxígeno (el precipitado que se forma es un compuesto estable de manganeso y oxígeno óxido hidratado de color marrón. Por consiguiente se trató la solución con ácido, que disuelve el hidróxido y forma una cantidad proporcional de yodo libre (proporcional al oxígeno disuelto original). Por consiguiente se determinó la cantidad de yoduro en la solución. Para eso se tituló con una solución estandarizada de tiosulfato sódico hasta que todo el yodo libre (I_2) cambió a yoduro (I^-). El almidón se tornó púrpura en presencia de yodo pero fue incoloro en contacto con yoduro. El almidón fue el indicador de que todo el yodo se convirtiera en yoduro. La cantidad de tiosulfato usado en la titulación es proporcional al yoduro, que es proporcional al oxígeno disuelto, y se calcula, pues, determinando la cantidad de tiosulfato utilizado.

El procedimiento consistió en llenar completamente una botella winkler con muestra cerrando herméticamente e incubando a temperatura establecida durante 5 días. Después de ello el Oxígeno

Disuelto se midió antes y después de la incubación, y la DBO se calculó mediante la diferencia entre el Oxígeno Disuelto inicial y el final.

2.6.5. Método para Determinar la DQO

El método utilizado se basó en la reacción de oxidante enérgico con una muestra de agua contaminada, como es el dicromato potásico, todo esto en un medio ácido sulfúrico, con plata como catalizador y la valoración por colorimetría de la cantidad de dicromato consumida en el proceso. Los compuestos orgánicos oxidables intervienen reduciendo el dicromato, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, a ion crómico Cr^{3+} . La cantidad de dicromato consumido proporciona una medida de la concentración de contaminantes en el agua. La utilización de la colorimetría (absorción visible-ultravioleta) para la determinación de la DQO en esta práctica se basa en los diferentes espectros de absorción del $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (de color naranja, absorbe en longitudes de onda en torno a 440 nm) y el Cr^{3+} (de color verde, absorbe en torno a 600 nm), por lo que ambas especies se pueden detectar independientemente.

2.7. Instrumentos, Materiales y equipos de recolección de datos.

2.7.1. Procesamiento de los datos

- Microsoft Excel

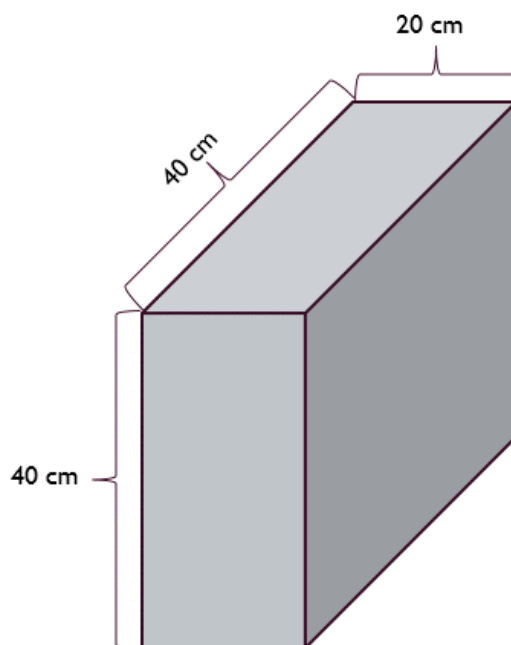
2.8. Validez

Los resultados fueron validados y legitimados por el Laboratorio de Calidad de Agua de EPSEL, los indicadores o parámetros validados por este laboratorio fueron los siguientes; Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno. Se determinaron en este laboratorio debido a que se contaba con los reactivos necesarios y los instrumentos necesarios.

Los indicadores como el pH y Turbidez fueron validados por Laboratorio de Física y Química de la Universidad Cesar Vallejo, se determinaron en aquel laboratorio debido a que la universidad si contaba con los instrumentos necesarios para determinar estos indicadores.

2.9. Diseño del Sistema de tratamiento Lombrifiltro

El Lombrifiltro está basado en investigaciones anteriores, teniendo en cuenta la especie de lombrices (*Eisenia foetida*), la altura, el tipo de material de los lechos filtrantes; las medidas del Lombrifiltro son las siguientes.



Ancho	20 cm
Largo	40 cm
Altura	40 cm

Medidas del Lombrifiltro

Volumen del Lombrifiltro = (Ancho x Largo) x Altura

Volumen del Lombrifiltro = 0.2m x 0.4m x 0.4m = 0.032 m³

2.9.1. Materiales del sistema de tratamiento

- Bidón de 100 Litros alimentador del Lombrifiltro.
- Llave de control del agua.
- Tubos de PVC.
- Recipiente de vidrio tipo acuario para los lechos filtrantes.
- Recipiente para la recolección de agua tratada.

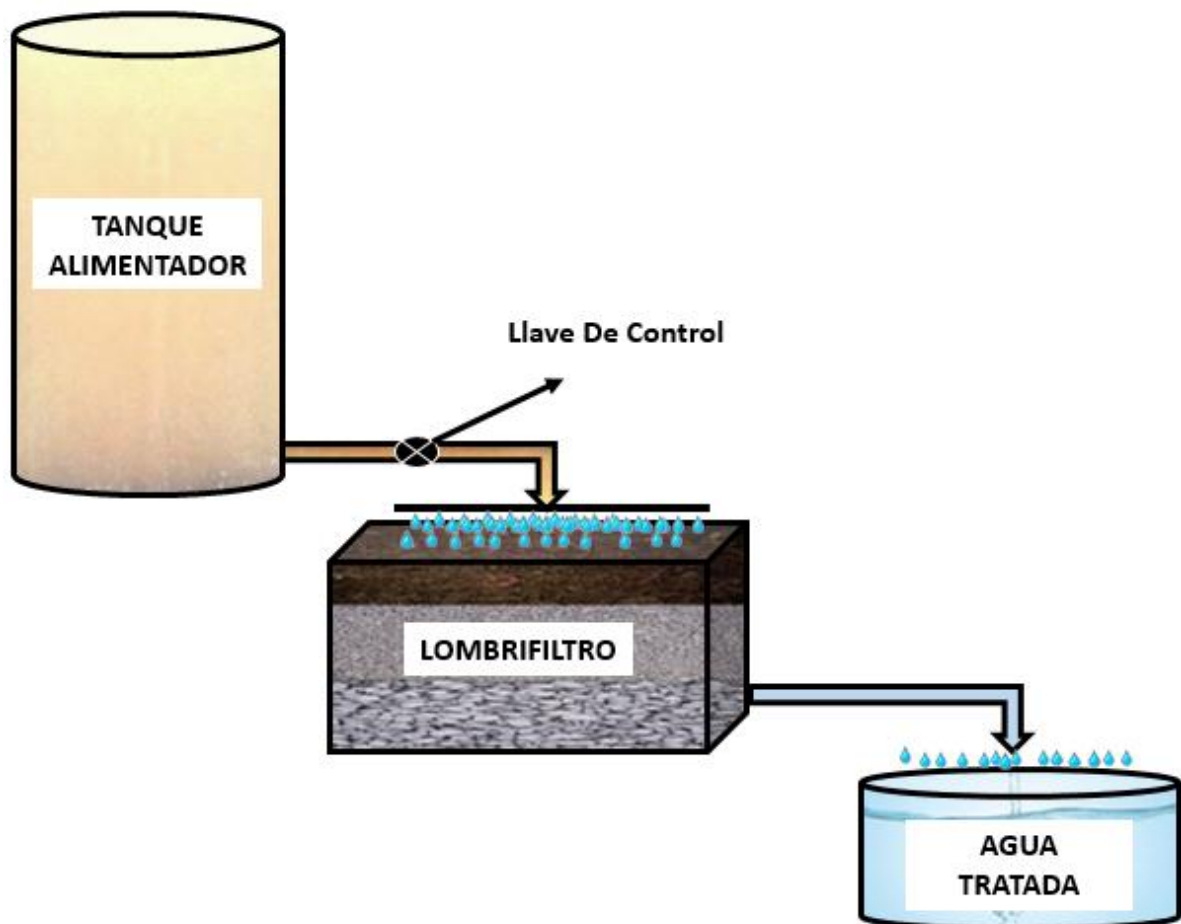
2.9.2. Materiales del Lombrifiltro.

- Grava gruesa
- Grava fina
- Arena
- Aserrín
- Lombrices roja californiana (*Eisenia foetida*)

2.10. Caudal de caída hidráulica del Lombrifiltro

Se utilizaron diferentes caudales de caída hidráulica, durante los 3 primeros días de tratamiento se utilizó un caudal de 3 L/día, del 4^{to} día al 6^{to} día se utilizó un caudal de 5 L/día, del 7^{mo} día al 9^{no} se utilizó un caudal de 10 L/día, del 10^{mo} día al 12^{vo} día se utilizó un caudal de 15 L/día.

2.11. Modelo del Lombrifiltro construido



III. RESULTADOS

3.1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

RESULTADOS DEL ANALISIS DE PARAMETROS DE LA CALIDAD DE AGUA					
PARAMETROS	M sin Tratamiento	M 1	M 2	M 3	M 4
		Q=3 l/d 3 ^{er} día	Q= 5 l/d Al 6 ^{to} día	Q= 10 l/d Al 9 ^{no} día	Q = 15 l/d Al 12 ^{vo} día
Temperatura, (°C)	21.3	26.55	25.75	27.05	26.4
pH	7.79	7.60	7.43	7.47	7.95
Turbidez, (NTU)	426	20	25	26	28
DBO, (mg/L)	1525	60	120	260	340
DQO, (mg/L)	1752	76.5	283	286	351
SST, (mg/L)	160	-	-	-	63

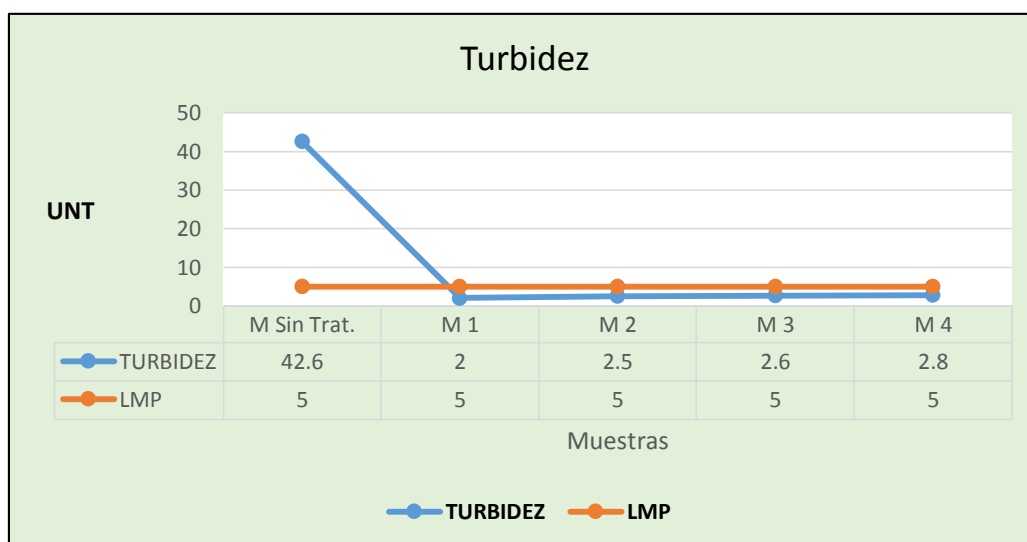
Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Determinación de la Turbidez.

Tabla 1. Resultados de la Turbidez

Muestra	Resultados (NTU)	Fecha análisis
M sin tratamiento	42.6	28/10/2017
M 1, Tratamiento a los 3 Días	2.0	03/11/2017
M 2, Tratamiento a los 6 Días	2.50	06/11/2017
M 3, Tratamiento a los 9 Días	2.60	09/11/2017
M 4, Tratamiento a los 12 Días	2.80	12/11/2017

Grafica 1. Turbidez



Fuente: Elaboración propia

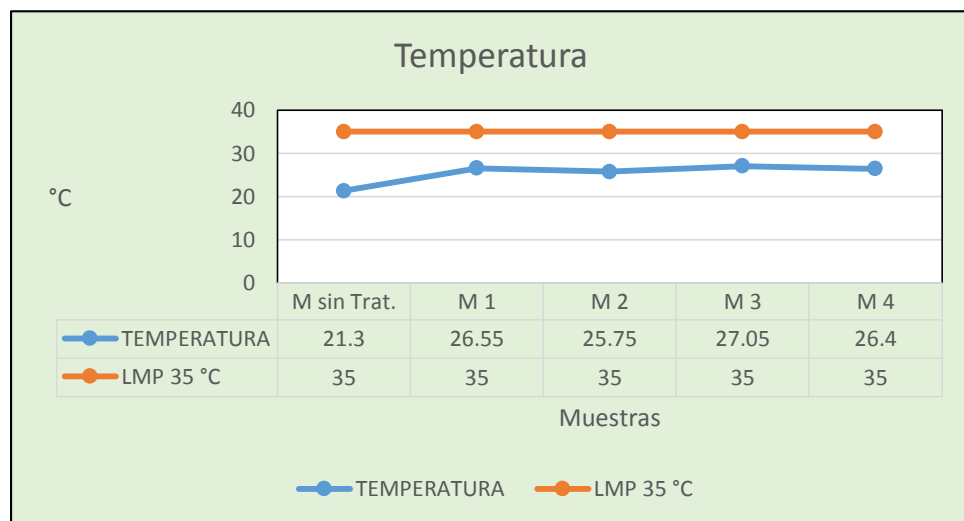
En la gráfica N° 01 la muestra sin tratamiento presenta 426 Unidades Nefelometricas de Turbidez, debido a la alta concentración de carga orgánica del agua residual, pero durante el tratamiento las muestras presentaron resultados aceptables

3.1.2. Determinación de la Temperatura

Tabla 2. Resultados de la Temperatura

Muestra	Resultados °C	Fecha análisis
M sin tratamiento	21.30	28/10/2017
M 1, Tratamiento a los 3 Días	26.55	03/11/2017
M 2, Tratamiento a los 6 Días	25.75	06/11/2017
M 3, Tratamiento a los 9 Días	27.05	09/11/2017
M 4, Tratamiento a los 12 Días	26.40	12/11/2017

Grafica N°02. Temperatura



Fuente: Elaboración propia

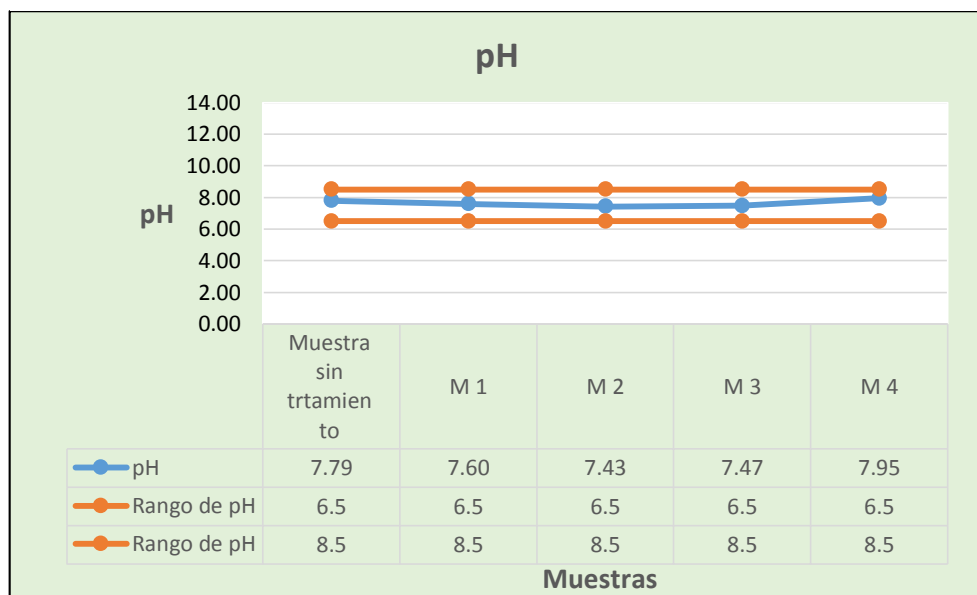
En la gráfica N° 02 La línea de temperatura antes y después del tratamiento se mantuvo dentro del rango límite permitido, en la muestra sin tratamiento la temperatura del agua fue de 21.30 °C debido a que el agua residual tenía poco tiempo de almacenamiento, y las muestras después del tratamiento presentaron temperaturas ligeramente elevadas a la muestra inicial, por la razón de que el agua fue filtrada en el sistema de tratamiento, y los materiales que contenía el Lombrifiltro fue lo que generó una variación en la temperatura.

3.1.3. Determinación del pH

Tabla 3. Resultados del pH

Muestra	Resultados	Fecha análisis
M sin tratamiento	7.79	28/10/2017
M 1, Tratamiento a los 3 Días	7.60	03/11/2017
M 2, Tratamiento a los 6 Días	7.43	06/11/2017
M 3, Tratamiento a los 9 Días	7.47	09/11/2017
M 4, Tratamiento a los 12 Días	7.95	12/11/2017

Grafica N°03. pH



Fuente: Elaboración propia

En la Grafica N° 02 El agua residual presenta un pH alcalino antes y después del tratamiento, manteniéndose dentro de los rangos límites permisibles que rige la normatividad para efluentes arrojadas a masas de agua, se observa que la línea de pH desciende ligeramente hasta la muestra 3, y la muestra cuatro se observa un línea ascendente pero aun así manteniéndose así en los rangos permitidos.

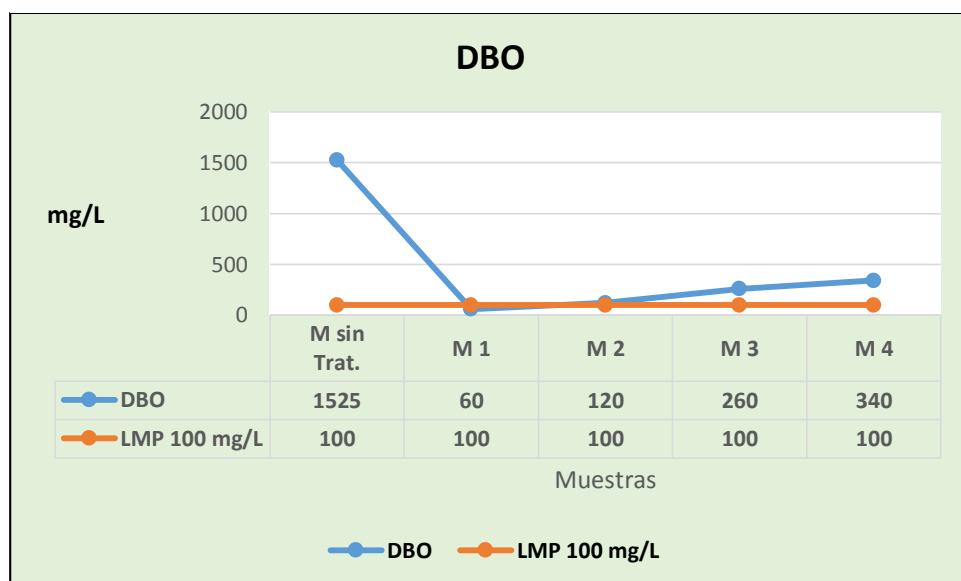
3.1.4. Determinación de la DBO

Tabla 4. Resultados de la DBO

Muestra	Resultados (mg/L)	Fecha análisis
M sin tratamiento	1525.00	29/09/2017
M 1, Tratamiento a los 3 Días	60.00	03/11/2017
M 2, Tratamiento a los 6 Días	120.00	06/11/2017
M 3, Tratamiento a los 9 Días	260.00	09/11/2017
M 4, Tratamiento a los 12 Días	340.00	12/11/2017

Fuente: Elaboración propia

Grafica N°04. DBO



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica N° 04, se observa que la muestra 1 cumple con los Límite Máximo Permisible debido a la utilización de un caudal de caída hidráulica de 3 l/día y las muestras 2,3 y 4 no cumple con los límites máximos permisibles a consecuencia del aumento del caudal de caída hidráulica de 5 l/día, 10 l/día, 10 l/día respectivamente, también debido a que el agua residual presentó demasiada carga orgánica conllevando a la saturación de la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento Lombrifiltro.

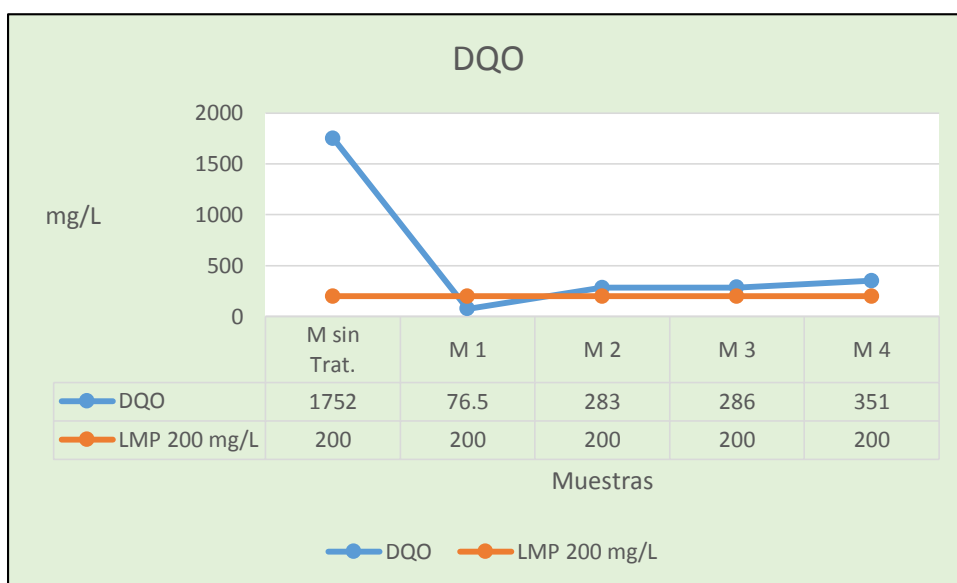
3.1.5. Determinación de la DQO

Tabla 5. Resultados de la DQO.

Muestras	Resultados (mg/L)	Fecha análisis
M sin tratamiento	1752.00	29/09/2017
M 1, Tratamiento a los 3 Días	76.50	03/11/2017
M 2, Tratamiento a los 6 Días	283.00	06/11/2017
M 3, Tratamiento a los 9 Días	286.00	09/11/2017
M 4, Tratamiento a los 12 Días	351.00	12/11/2017

Fuente: Elaboración propia

Grafica N°05. DQO



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica N° 05, se observa que la muestra 1 cumple con el límite máximo permisible debido a la utilización de un caudal de caída hidráulica de 3 l/día y las muestras 2,3 y 4 no cumple con los límites máximos permisibles a consecuencia del aumento del caudal de caída hidráulica de 5 l/día, 10 l/día, 10 l/día respectivamente, también debido a que el agua residual presentó demasiada carga orgánica conllevando a la saturación de la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento Lombrifiltro.

3.2. Prueba de hipótesis de promedios de muestras

La prueba de la hipótesis de la investigación se realizó mediante el procedimiento estadístico t – student, debido a la cantidad de muestras menor de 30; y el cálculo estadístico se realiza con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

T: Resultado del valor crítico

\bar{X} : Promedio de la muestra

μ : Promedio de la población

S: Desviación Estándar de las muestras

n: Tamaño de muestra

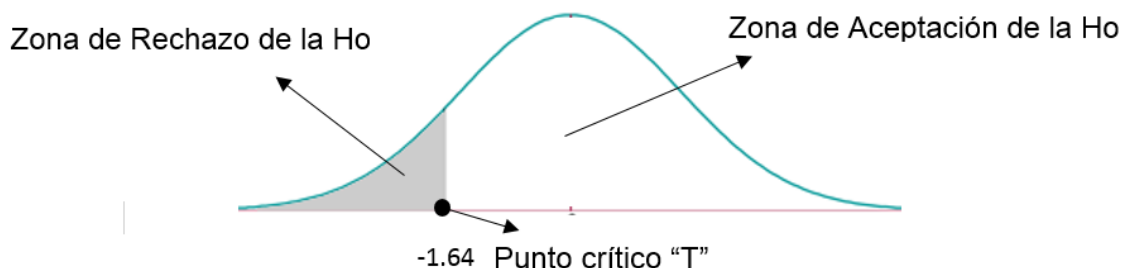
Para la prueba de hipótesis de la investigación, se realizó la formulación de hipótesis nula e hipótesis alternativa para cada parámetro de la calidad del agua residual excepto los parámetros pH, y están dada de la siguiente manera:

H₀: La media de las muestras de agua residual de salida del sistema de tratamiento Lombrifiltro es mayor a la del agua residual de entrada.

H₁: La media de las muestras de agua tratada en el Lombrifiltro es menor a la del agua residual de entrada.

$$H_0: \mu_1 > \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 < \mu_2$$



3.2.1. Prueba T – Student para la Turbidez

Tabla 6. Prueba T - Student para la Turbidez

	N	Media	Desv. típ.
turbidez	4	24.7500	3.40343
N válido (según lista)	4		

$$T = \frac{24.75 - 426}{\frac{3.40}{\sqrt{4}}}$$

$$T = -236.02$$

La prueba T- Student para la turbidez arroja una referencia numérica menor al punto crítico, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

3.2.2. Prueba T – Student para la DBO

Tabla 7. Prueba T - Student para la DBO

	N	Media	Desv. típ.
DBO	4	195,0000	127,93227
N válido (según lista)	4		

$$T = \frac{195 - 1525}{\frac{127.93}{\sqrt{4}}}$$

$$T = -20.79$$

La prueba T- student para la turbidez arroja una referencia numérica menor al punto crítico, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

3.2.3. Prueba T – Student para la DQO

Tabla 8. Prueba T - Student para la DQO

	N	Media	Desv. típ.
DQO	4	249,1250	119,28284
N válido (según lista)	4		

$$T = \frac{249.12 - 1752}{\frac{119.28}{\sqrt{4}}}$$

$$T = -25.19$$

La prueba T- student para la turbidez arroja una referencia numérica menor al punto crítico, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

3.3. Análisis de la eficiencia de remoción de parámetros

En los sistemas de tratamiento de aguas residuales para calcular la eficiencia de remoción de la carga contaminante viene dada por: (Young, 1991).

Donde:

$$E = \frac{\mu - \bar{x}}{\mu} * 100$$

E: Eficiencia de remoción del Lombrifiltro (%).

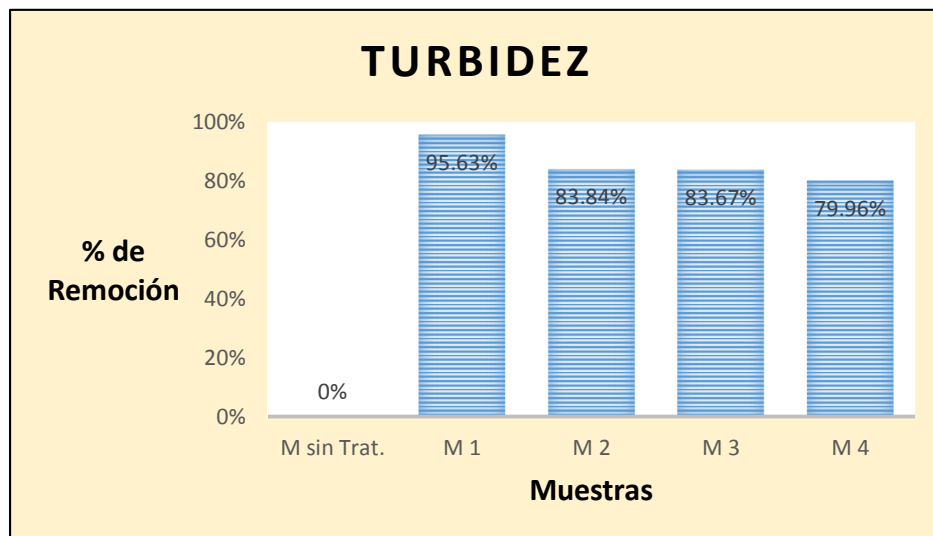
\bar{x} : salida carga contaminante en (mg de DQO, DBO5 o SST/L).

μ : Entrada de la carga contaminante en (mg de DQO, DBO5 o SST/L).

3.3.1. Eficiencia del Lombrifiltro en la remoción de la Turbidez

Aplicando la ecuación de Young, 1991; se procedió a determinar el porcentaje de remoción de la turbidez del agua residual tratada.

Grafica N°06. Porcentajes de Remoción de la Turbidez

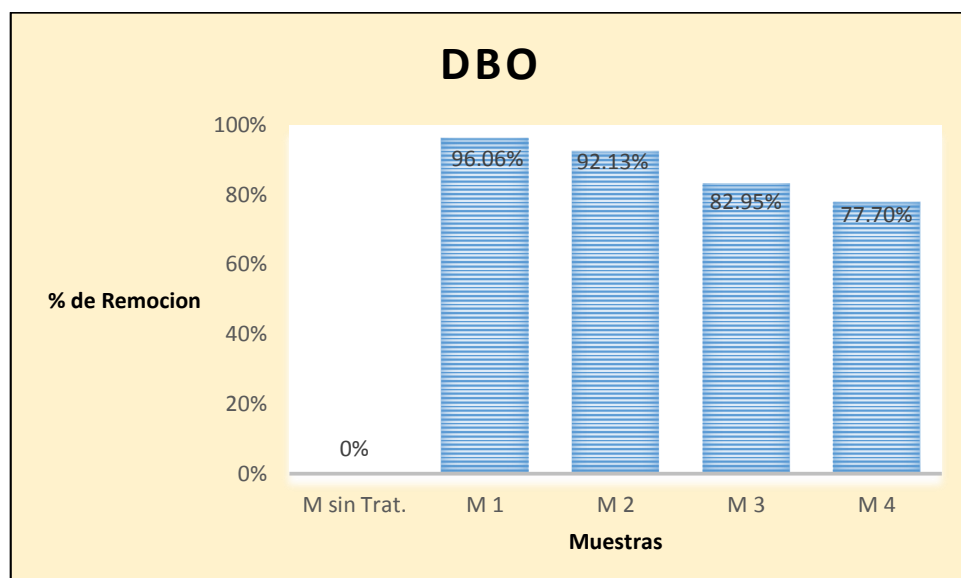


Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Eficiencia del Lombrifiltro en la remoción de la DBO

Aplicando la ecuación de Young, 1991; se procedió a determinar el porcentaje de remoción de la DBO del agua residual tratada.

Grafica N° 07. Porcentajes de Remoción de la DBO

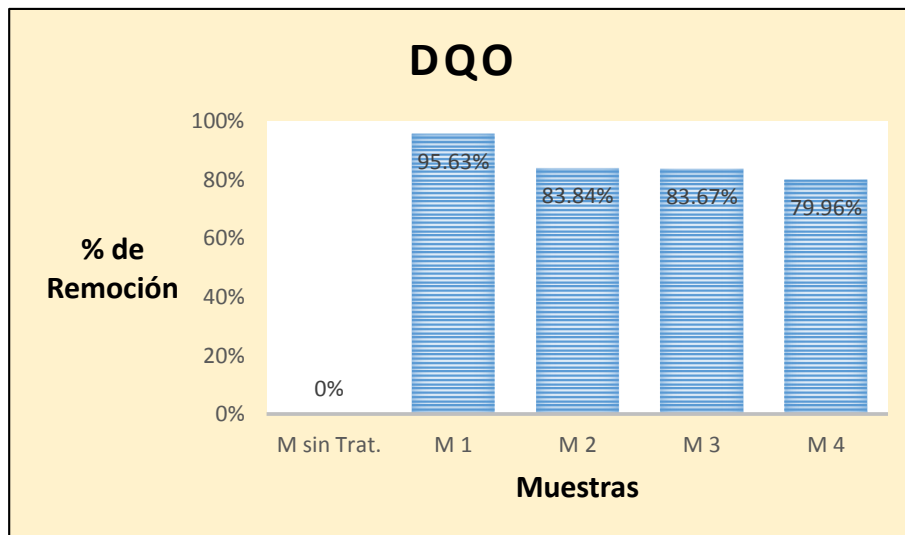


Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Eficiencia del Lombrifiltro en la remoción de DQO

Aplicando la ecuación de Young, 1991; se procedió a determinar el porcentaje de remoción de la DQO del agua residual tratada.

Grafica N°08. Porcentaje de Remoción de la DQO



Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

- Los resultados obtenidos en la presente investigación con respecto a la remoción de los parámetros DBO y DQO no tienen relación similar a los porcentajes de remoción de los autores Manrique & Piñeros (2016) que fueron DBO una remoción de 79,55% y DQO una remoción de 76,22%, debido a la diferencia de casi el 8% más de remoción de la DBO y DQO.
- El parámetro turbidez tuvo una mejora muy notoria, removiéndose el 94.19% de las micropartículas de carga orgánica del afluente, mientras que la remoción que obtuvo Coronel (2015) que fue de 77,69%, la remoción fue más notoria en la presente investigación.
- En cuanto a la comparación de reducción de parámetros Turbidez, DBO y DQO con el autor Velazco (2015), sus remociones fueron más eficientes posiblemente por el tiempo de recolección de muestras que lo realizó cada 7 días mientras que la presente investigación se realizó muestreo cada 3 días.
- En la investigación de Fernández, E. & Sánchez, K. muestran que sus Lombrifiltros arrojaron el agua residual con pH reducidos a lo que inicialmente ingreso, que fue de 6.8 y el pH redujo a 6.5 y 6.3 respectivamente, al igual que la presente investigación también presentó un pH que redujo ligeramente.

V. CONCLUSIONES

- ✓ El nivel de los parámetros fisicoquímicos del agua residual antes del tratamiento se mostraron dentro y fuera de los rangos aceptables, el caso del pH y temperatura fueron los parámetros que mostraron estar dentro de lo aceptable, en el caso de la turbidez, sólidos suspendidos totales, DBO y DQO; parámetros de control muy importantes que presentaron niveles de concentración no aceptable de acuerdo con los límites máximos permisibles.
- ✓ El nivel de los parámetros fisicoquímicos del agua residual después del tratamiento como el caso de los parámetros de turbidez, sólidos suspendidos totales, DBO y DQO; fueron removidos en un porcentaje muy alto.
- ✓ EL sistema de tratamiento Lombrifiltro presentó porcentajes de eficiencia muy altos, removiendo parámetros de control como la turbidez, DBO y DQO; en cuanto al caudal inicial que fue de 3 L/día arrojó resultados de remoción aceptables, siendo el caudal óptimo para un Lombrifiltro con Volumen de 0.032 m³
- ✓ Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos en comparación con los límites máximos permisibles LMP, en cuanto a la muestra 1 que se trató con un caudal de caída hidráulica de 3 L/día se encontró por debajo del límite máximo establecido como es el caso de la turbidez, DBO y DQO; en cuanto a las muestras 2,3 y 4 presentaron un ligero sobrepaso del límite máximo permitido para la Turbidez, DBO y DQO respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ A empresas de pequeña escala que generen pocas cantidades de agua residual, es recomendable que se utilice este tipo de sistemas de tratamiento, debido a que se necesita caudales de caída hidráulica menor, esto para generar una gran eficiencia de remoción de carga contaminante del sistema de tratamiento Lombrifiltro.
- ✓ Para futuros trabajos de investigación se recomienda analizar la remoción de los compuestos orgánicos persistentes COP utilizando este tipo de Sistemas de tratamiento como es el Lombrifiltro, para conocerse los porcentajes de remoción de estos compuestos.
- ✓ Si se opta por utilizar este tipo de sistema de tratamiento de agua residual, se debe utilizar una caída hidráulica de 3L/día en un lombrifiltro con volumen de 0.032 m^3 , para garantizar la eficiencia del sistema.

REFERENCIAS

- VELASCO, Verónica. Lombriltros para el tratamiento de aguas residuales. (Bachiller en Ingeniería Ambiental en prevención y remediación). Quito. Universidad de las Américas del Ecuador. 2015. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4470/1/UDLA-EC-TIAM-2015-17.pdf>
- MANRIQUE, Erika; PIEÑEROS, Jennifer. Evaluación del sistema de depuración biológica a partir de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) en aguas residuales procedentes de industrias lácteas a nivel laboratorio. Fundación Universidad América de Colombia. 2016.
- CERVANTES, Fabricio. Remoción de materia orgánica y toxicidad de aguas residuales de la industria cosmético - farmacéutica con un Lombrifiltro. Universidad Autónoma de México. 2012.
- FERNANDEZ, Edinson.; SANCHEZ, Katherine. Evaluación de un lecho filtrante, utilizando lombriz (*Eisenia foetida*), para el tratamiento de aguas residuales de la empacadora de banano algarrobo 1. Universidad Señor de Sipán. Lambayeque PERÚ. 2016.
- ROMERO, Jairo. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, Teoría y principios de diseño. 3^{ra} ed. Colombia. Nuevas Ediciones S.A. 2004. ISBN: 958-8060-13-3
- CORTES, Isel. MONTALVO, Silvio. Aguas: Calidad y contaminación. Un enfoque químico ambiental. 1.^{ra} ed. Santiago de Chile: Imprenta cultura. 2010. 36-97 pp. ISBN: 978-956-332-546-1
- SIERRA, Carlos. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. 1.^{ra} ed. Medellín Colombia: Digiprint Editores. 2011. ISBN: 978-958-8692-06-7

- HERNÁNDEZ, Pamela.; BÓRQUEZ, Yesica. ANTEPROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA APLICACIÓN DE LOMBRICULTURA AL TRATAMIENTO DE PLANTA LLAU-LLAO DE SALMONERA INVERTEC S.A., 2005.
- ROMERO, Albero. Calidad del agua. 2.ª ed. Bogotá: Escuela Colombiana De Ingeniería. 2005. 485pp.
ISBN: 9789588060835
- FUNDACION CHILE. Tecnologías Emergentes y no Convencionales. Santa Cruz, Bolivia. 2013. [Fecha de consulta: 12 de Noviembre del 2017]. Disponible en: <http://docplayer.es/13903973-Tecnologias-emergentes-no-convencionales-santa-cruz-bolivia.html>
- MERLI, Gustavo. & Ricciuti, Néstor. Microbiología de Aguas Residuales. [En línea] Aplicacion de Biosólidos en Suelo. [Consulta:05 de febrero 2015]. 2009. Disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/sem_fi_qui_micrb_09/biosolidos_en_suelo.pdf
- FAO. Wastewater treatment and use in agriculture - FAO irrigation and drainage paper 47. Rome, Italy. 1992. [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t0551e/t0551e00.htm#Contents>
ISBN: 92-5-103135-5
- LUNA, V.; RAMÍREZ, H. 2004. Medios de soporte alternativos para la remoción de fosforo en humedales artificiales. (México).
- Merli, Gustavo. & Ricciuti, Néstor. Microbiología de Aguas Residuales. [En línea] Aplicacion de Biosólidos en Suelo. [Consulta: 10 de octubre 2017]. 2009. Disponible en:

http://www.edutecne.utn.edu.ar/sem_fi_qui_micrb_09/biosolidos_en_suelo.pdf

- YOUNG, James C. Factors affecting the design and performance of upflow anaerobic filters. Water Science and Technology. 1991.
 - Sinha R. K., Bharambe G. y Chowdhary U. (2008). Sewage treatment by vermi-filtration with synchronous treatment of sludge by earthworms : a lowcost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization; The Environmentalist; UK ; Vol. 28: pp. 409-420.
 - Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., y Nigam, P. (2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technology, 77(3), 247-255.
 - KUMAR, Tarun, et al. Evaluation of vermifiltration process using natural ingredients for effective wastewater treatment. Disponible en: https://www.academia.edu/13706126/Evaluation_of_vermifiltration_process_using_natural_ingredients_for_effective_wastewater_treatment
 - SALGADO, I. 2012. Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales.
 - Nandini Misal, NitishA Mohite. Community Wastewater Treatment By Using Vermifiltration Technique. Revista Internacional de Ingeniería de Investigación y Tecnología. [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2017]. Disponible en: https://www.ripublication.com/irph/ijert_spl17/ijertv10n1spl_69.pdf
- ISSN: 0974-3154
- RAMÓN, J.; LEÓN, J.; CASTILLO, N. 2015. Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie Eisenia foetida. Mutis. (Colombia).

- PÉREZ, M.; DOMÍNGUEZ, E.; GONZALEZ, Y.; JIMÉNEZ, T. 2015. Diseño de un humedal subsuperficial vertical para la depuración de las aguas residuales de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Afinidad (España).
- TIRUNEH, Amare. Concentrated Greywater Treatment by Vermifiltration for Sub-Saharan Urban Poor. Thesis Doctor In Sciences And Technologies Of Water, Energy And Environmen. BURKINA FASO. INTERNATIONAL INSTITUTE FOR WATER AND ENVIRONMNETAL ENGINEERING, 2016. Disponible en: http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1993
- Frank, Z.; Nectalí, R.; Duilio, T.; Héctor, Y.; USO DE AGUA RESIDUAL Y CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y BIOMASA MICROBIANA EN SUELOS DE LA LLANURA DE CORO, VENEZUELA. 2009. ISSN 05682517
- ARBOLEDA, J. 2000. Teoría y práctica de la purificación del agua, Tomo 2. Mc Graw Hill. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- BORJA, M. 2011. Diseño de una Planta de Tratamiento para aguas residuales en la ciudad de Guaranda. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador: Escuela de Ciencias Químicas. 163 pp.
- Raber, B. and Kogel, I. 1995. Desorption of PAH polycyclic aromatic hydrocarbons from soils under the influence of dissolved organic substances. Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges.

ANEXOS

Anexo 1



ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.

"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE
LA MEJOR CALIDAD, CÚDELA NO LA DESPERDICIE"

EPSEL S.A.
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

RESULTADOS DEL DESARROLLO DE TESIS DENOMINADO "LOMBRIFILTRO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES"

PARAMETROS	Muestra sin Tratamiento	M1	M2	M3	M4
Fecha de Análisis:	29/09/2017	03/11/2017	06/11/2017	09/11/2017	12/11/2017
DBO, mg/l	1525.00	60.00	120.00	260.00	340.00
DQO, mg/l	1752	76.50	283.00	286.00	351.00
Sólidos Sedimentables Totales, mg/l	160	-	-	-	63.00

*Las muestras fueron colectadas por personal interesado, Sr. Jhonatan Raúl Maza Mejía.

EPSEL S.A.
Ing. María Gracia Ojeda Cuzquén
CIP 157441
JEFE DE OFICINA CONTROL DE CALIDAD

EPSEL S.A.
Ing. Jesús Torres Burgos Gavelán
CIP 145235
ÁREA DE FÍSICO QUÍMICO

RESULTADOS DEL DESARROLLO DE TESIS DENOMINADO "LOMBRIFILTRO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES"

NOMBRE: Jhonatan Raúl Maza Mejía
PROCEDENCIA DEL AGUA: "ECOMPHISA" Distrito Santa Rosa.
FECHA DE EMISIÓN: 29 /11/ 2017

PARÁMETROS	Muestra sin Tratamiento	M1	M2	M3	M4
Fecha de análisis	28/10/2017	03/11/2017	06/11/2017	09/11/2017	12/11/2017
Temperatura, °C	21.30 °C	26.55 °C	25.75 °C	27.05 °C	26.40 °C
pH	7.79	7.60	7.43	7.47	7.95
Turbidez, (NTU)	426 NTU	20 NTU	25 NTU	26 NTU	28 NTU

*Los análisis fueron realizados en el laboratorio de física y química de la universidad cesar vallejo.


 ING. MARIA GRACIELA OLGUÍN CUZQUEN

Cronograma del proyecto de investigación (Marzo – Julio del 2017)

Anexo 3

Actividades	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16
2. Corrección de título.																
3. Formulación del problema.																
4. Formulación de hipótesis y objetivo general.																
5. Presentación de avance de trabajos previos.																
6. Corrección de los antecedentes y desarrollo de orden como debería ser citado.																
7. Presentación de avance de teorías relacionadas.																
8. Corrección del marco teórico, señalización de dimensiones e indicadores																
9. Exposición de la primera parte del proyecto de investigación.																
10. Exposición final del proyecto de investigación.																

Cronograma de ejecución del proyecto de investigación (Agosto – Diciembre del 2017).

Anexo 4

Actividades	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16
11. Corrección del proyecto, título, hipótesis, problema, etc.																
12. Presentación de título final.																
13. Ejecución del proyecto de investigación																
14. Construcción del sistema de tratamiento Lombrifiltro.																
15. Muestreo agua residual antes del tratamiento.																
16. Análisis fisicoquímico de las aguas residuales en el laboratorio dela UCV																
17. Análisis de DBO Y DQO en laboratorio de EPSEL.																
18. Análisis fisicoquímico del agua residual tratada.																
19. Presentación Final del trabajo de investigación.																

Anexo 5 D.S N° 003-2010-MINAM

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S N° 003-2010-MINAM

MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA ELABORACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACION

TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	“Lombrifiltro para mejorar la Calidad de las Aguas Residuales”
PROBLEMA	¿Qué sistema de tratamiento mejorara la calidad de las aguas residuales del terminal pesquero Ecomphisa del Distrito Santa Rosa - 2017?
HIPÓTESIS	Si se aplica el sistema de tratamiento del Lombrifiltro, mejorara la calidad del agua residual de Ecomphisa del distrito de Santa Rosa – 2017.
OBJETIVO GENERAL	- Evaluar como el sistema de tratamiento Lombrifiltro mejora la calidad del agua residual de Ecomphisa Santa Rosa - 2017.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar el nivel de los parámetros físicos-químicos de las aguas residuales antes del tratamiento en el Lombrifiltro. - Determinar el nivel de los parámetros físicos-químicos de las aguas residuales después del tratamiento en el Lombrifiltro. - Determinar la eficiencia del Lombrifiltro en el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales. - Comparar los resultados de los parámetros físicos-químicos del agua residual tratada con los LMP de ese tipo de vertimientos, vigentes en la legislación Peruana.
DISEÑO DEL ESTUDIO	No experimental
POBLACIÓN Y MUESTRA	<p>POBLACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 Litros de Agua Residual de los vertimientos del Terminal Pesquero Ecomphisa del Distrito Santa Rosa, recolectados y almacenadas. <p>MUESTRA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 muestra de 3L de agua residual sin tratar - 4 muestras de 3L de agua residual tratada
VARIABLE	Calidad del Agua Residual

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Foto N° 01: Medio poroso “GRAVA”



Foto N° 02: Cama de Lombrices “*Eisenia Foetida*”



Foto N° 03: Lombriz “*Eisenia Foetida*”



Foto N° 04: Agua Residual almacenada.



Foto N° 05: Sistema de riego por goteo al Lombrifiltro, para controlar el caudal del agua.



Foto N° 06: Tanque alimentador del Lombrifiltro.



Foto N° 07: Instalación del Lombrifiltro



Foto N° 08: Regulando el caudal de caída hidráulica del tanque alimentador.

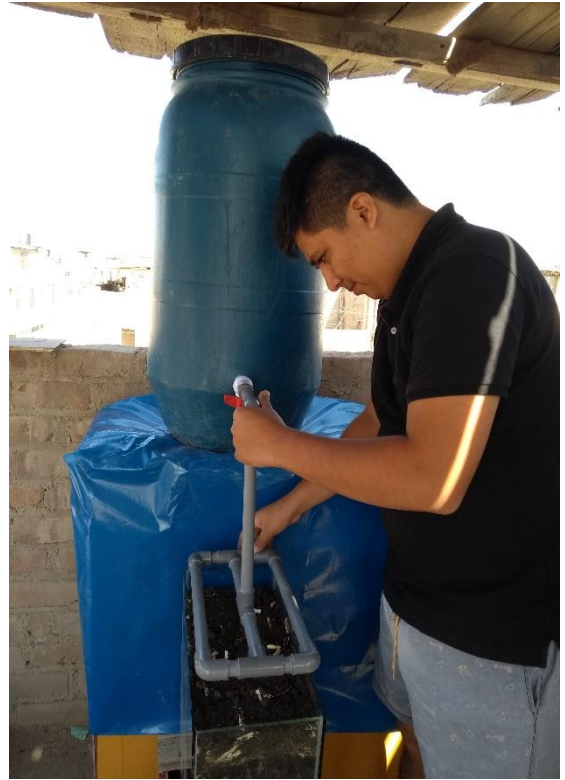


Foto N° 09: Sistema de tratamiento Lombrifiltro.



Foto N° 10: Muestras del agua residual antes y después.

